

Reserve  
Ag 84 m o

# SECADO DE LAS MAZORCAS DE MAIZ



CURRENT SERIAL RECORDS



## POR VENTILACION MECANICA

**CENTRO REGIONAL DE AYUDA TECNICA**  
AGENCIA PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL (A. I. D.), MEXICO



## Historic, archived document

Do not assume content reflects current scientific knowledge, policies, or practices.

NOTA: Toda solicitud para ésta, o para cualesquiera otras publicaciones del Centro Regional de Ayuda Técnica (RTAC), deberá dirigirse a la Agencia para el Desarrollo Internacional (A.I.D.), a cargo de la Embajada de los Estados Unidos de América, en el país de residencia del solicitante. Las solicitudes por carta pueden dirigirse así:

Agencia para el Desarrollo Internacional (A.I.D)  
c/o Embajada de los EE. UU. de A.  
(Capital y país de residencia del solicitante)

SECADO DE LAS MAZORCAS DE MAÍZ  
POR  
VENTILACIÓN MECÁNICA

Publicación Miscelánea N° 919

División de Investigaciones sobre Ingeniería Agrícola  
Servicio de Investigación Agrícola

DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE LOS  
ESTADOS UNIDOS DE AMERICA



CENTRO REGIONAL DE AYUDA TÉCNICA  
AGENCIA PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL (A.I.D.)  
*S.C.E.* MÉXICO

Primera edición en español, 1965

#### NOTA A ESTA EDICION

Esta publicación es traducción de DRYING EAR CORN BY MECHANICAL VENTILATION, editado originalmente en inglés por el Departamento de Agricultura de los EE. UU. de A. La presente edición la preparó el Centro Regional de Ayuda Técnica, Agencia para el Desarrollo Internacional (A.I.D.), Departamento de Estado del Gobierno de los Estados Unidos de América. El Centro es una organización dedicada a la producción de versiones en español del material filmico e impreso de los programas de cooperación técnica de la Alianza para el Progreso.

Muchos de los riesgos en la cosecha y almacenaje del maíz pueden eliminarse adoptando la ventilación mecánica para secar las mazorcas de maíz almacenadas en la granja.

Con la ventilación mecánica se obtiene un secado *controlado*, que resuelve el problema de almacenar el maíz húmedo recogido con cosechadoras mecánicas.

Este método moderno de secado es valioso no solamente como medio para manejar una cosecha con un alto contenido de humedad, en caso de emergencia, sino también como parte de la administración normal de las cosechas. Se amolda bien a los métodos modernos de producción, recolección y transporte.

Si se tiene equipo de secado controlado, se puede almacenar el maíz con seguridad, venderlo sin un descuento de humedad y guardarla en años lluviosos. Puede cosecharse temprano y, por lo tanto, aprovechar el buen tiempo para la cosecha, reducir las pérdidas en el campo causadas por insectos, obtener un desgrane más limpio, reducir los costos de recolección y completar ésta en tiempo para arar en el otoño y sembrar trigo o plantas de cobertura.

La energía para un secador puede proporcionarla un motor eléctrico o de gasolina. El secado puede hacerse con aire con o sin calentar. Cuando se seca con aire caliente, puede secarse el maíz en cualquier clase de tiempo y el corto lapso de secado permite un uso repetido del equipo. Las ventajas del secado con aire, sin calentar son las siguientes: Se necesita poca vigilancia; el costo inicial del equipo es más bajo; no hay posibilidad de dañar el grano a causa de la alta temperatura del aire y no hay riesgos de incendio.

## REQUISITOS GENERALES

### Aire sin calentar

El maíz en mazorcas, con un contenido de humedad que llegue hasta el 30% en el grano, puede secarse con éxito mediante ven-

tilación mecánica con aire sin calentar en la zona del Maíz en los Estados Unidos o en otras áreas que tengan un clima parecido. Si las condiciones climatológicas son normales después de la cosecha, el contenido de humedad del maíz bajará del 30% hasta menos del 20% en 3 a 6 semanas de operación continua con el ventilador. Sin embargo, si el tiempo es especialmente húmedo después de la cosecha, el maíz podrá no llegar a secarse hasta el 20% de humedad antes de que llegue el tiempo frío. En este tiempo, hágase funcionar el ventilador hasta que se congele el maíz. Complétese el secado volviendo a hacer funcionar el ventilador cuando comienza a calentarse nuevamente el tiempo en la primavera.

### Aire caliente

El maíz en mazorcas puede secarse, para almacenarlo o enviarlo al mercado, mediante ventilación mecánica con aire caliente en cualquier clase de tiempo y con cualquier contenido de humedad, aun cuando usualmente no es económico comenzar la operación con más de un 30% de humedad, aproximadamente, en el grano. Los costos de combustible estarán aproximadamente en proporción con la cantidad de agua que haya que eliminar del maíz y variarán de acuerdo con el tiempo.

Sígase el procedimiento siguiente:

1. Comiéncese la recolección cuando la humedad en el grano de maíz sea del 25 al 30%. Esto permitirá aprovechar el buen tiempo para el secado así como también el buen tiempo para la cosecha.

2. El maíz que ha de secarse debe estar razonablemente, libre de hojas, barbas y maíz desgranado. Las materias extrañas que no puedan separarse deberán distribuirse uniformemente en todo el lote.

3. Proporcióñese una cantidad adecuada de aire para el secado con una corriente uniforme a través del granero. Véase Tabla 1 para consultar las velocidades recomendadas de corriente de aire.

TABLA 1.—Velocidades mínimas recomendadas de corriente de aire y número máximo de bushels de mazorcas de maíz que deberán secarse por caballo de fuerza del ventilador con ventilación mecánica.

Contenido de humedad en el grano de maíz (Porcentaje)	Velocidad mínima de corriente de aire recomendada, por bushel	Cantidad máxima de mazorcas de maíz que pueden secarse por caballo de fuerza del ventilador <sup>1</sup> .
	Pies cúbicos por minuto	Bushels
30 .....	5	1,300
25 .....	3	800

Cálculos basados en una presión estática de 3.81 cm. del indicador del nivel de agua y una velocidad de corriente de aire del ventilador de 113 268 litros por minuto por caballo de fuerza.

4. Dispóngase los conductos de aire, o tóneles, para distribuir uniformemente el aire. El aire deberá atravesar una distancia, aproximadamente, igual dentro del maíz en todas las partes del granero.

5. Por regla general, las temperaturas del aire caliente para secar no deberán exceder de 55° a 60°C. Para el maíz que ha de usarse como forraje, podrán usarse temperaturas de aire hasta de 80° en edificios no combustibles. En el maíz que ha de usarse como semilla, la temperatura del aire para secar no deberá exceder de 45°C.

#### FORMA EN QUE SE SACA EL MAÍZ EN MAZORCAS

Al penetrar a presión el aire a través del maíz, ocurre primeramente el secado donde entra el aire. El aire podrá saturarse al atravesar los primeros 30 o 60 centímetros de maíz, y más allá ya no secará hasta que se hayan secado las primeras capas. Cuando se seca la capa del fondo, el aire asciende antes de saturarse y el maíz de la capa siguiente comienza a secarse. Un frente de secado se mueve a través del maíz en dirección de la corriente de aire y, finalmente, se seca el maíz en la parte superior del depósito. El frente de secado camina más rápidamente en donde el aire se mueve con mayor rapidez. Es importante que el frente de secado llegue hasta la capa superior, aproximadamente, al mismo tiempo en todos sus puntos. De otra forma se pierde energía en la operación. Esta es la razón para tratar de obtener una corriente uniforme de aire que atraviese todo el maíz almacenado.

Puesto que el maíz en las capas superiores se seca muy poco hasta que toda la operación de secado está casi terminada, está sujeto a rápida deterioración y a la actividad de los mohos. Es necesario mover el frente de secado a través de todo el maíz antes de que la deterioración en las capas superiores haya avanzado demasiado. Esto se logra proporcionando un volumen adecuado de aire de acuerdo con la situación. En la Tabla 1 se muestran los volúmenes de aire que usualmente son suficientes para evitar daños excesivos en las capas superiores.

#### EMPLEO DE CALOR ARTIFICIAL

En la mayoría de las estaciones en la Zona del Maíz en los Estados Unidos las velocidades sugeridas de corriente de aire secarán, satisfactoriamente, el maíz sin agregar calor. En las regiones donde la temperatura o la humedad son altas después de la cosecha del maíz, se necesitan mayores volúmenes de aire. Si se añade calor al aire para secar se acortará el período de secado y el resultado será un contenido final menor de humedad. Podrá usarse calor complementario suficiente para elevar la temperatura de 10° a 15°C. para garantizar una operación continua de secado por elevada que sea la humedad relativa.

El secado a alta temperatura, empleando elevaciones de temperatura, de más de 15° aproximadamente, podrá usarse para acortar considerablemente el período de secado. Se usan temperaturas de aire hasta de 85° aproximadamente. Ordinariamente, el secado a elevadas temperaturas no se usa a menos que exista una buena razón para terminar

rápidamente el secado. El secado rápido estaría justificado si se deseara llenar el granero dos veces en una misma estación. La primera vez que se llene puede secarse el grano en pocos días con aire de alta temperatura y desgranarlo, vaciando el granero para llenarlo por segunda vez. La segunda vez que se llene se secaría con el mismo equipo, excepto que podría no usarse el calentador. El tiempo de secado sería mucho más largo la segunda vez que se llene el granero.

El secado rápido estaría, también, justificado si se deseara secar varios graneros con el mismo equipo.

#### Límites de temperatura

Para usar el aire de alta temperatura, deberán observarse los límites máximos de temperatura que se detallan a continuación:

1. Grados C.	
2. Maíz para semilla	45
3. Para el molino	55 a 60
4. Para forraje	85 a 95
5. En un depósito construido de materiales combustibles	75

#### Seguridad

En cualquier equipo que consuma combustible existe riesgo de incendio. Hay que informar a la compañía de seguros antes de instalar equipo de aire caliente. El operador deberá familiarizarse con las instrucciones del fabricante y apegarse estrictamente a ellas.

### EQUIPO

#### Aire sin calentar

El equipo necesario para secar con aire sin calentar está compuesto de una estructura para secar, un ventilador apropiado y una unidad de fuerza motriz, de preferencia un motor eléctrico. El mayor número de hectolitros de maíz que deberán secarse por caballo de fuerza del ventilador se muestra en la Tabla 1. Si se secan mayores cantidades de maíz por caballo de fuerza, se correrá mayor riesgo de que el secado no sea satisfactorio. Si se secan cantidades menores de maíz, se aumentará el costo por bushel.

Según se muestra en la Tabla 1, el ventilador deberá producir una corriente de aire

#### CONTROL MAXIMO DE ALTA TEMPERATURA

#### CONTROL DE LA FLAMA

#### CAMARA DE COMBUSTION

#### TOMA DE AIRE EXTERIOR

#### QUEMADOR DE GAS O DE PETROLEO

#### MOTOR ELECTRICO O DE GASOLINA

#### AIRE CALIENTE

#### Y PRODUCTOS DE LA COMBUSTION

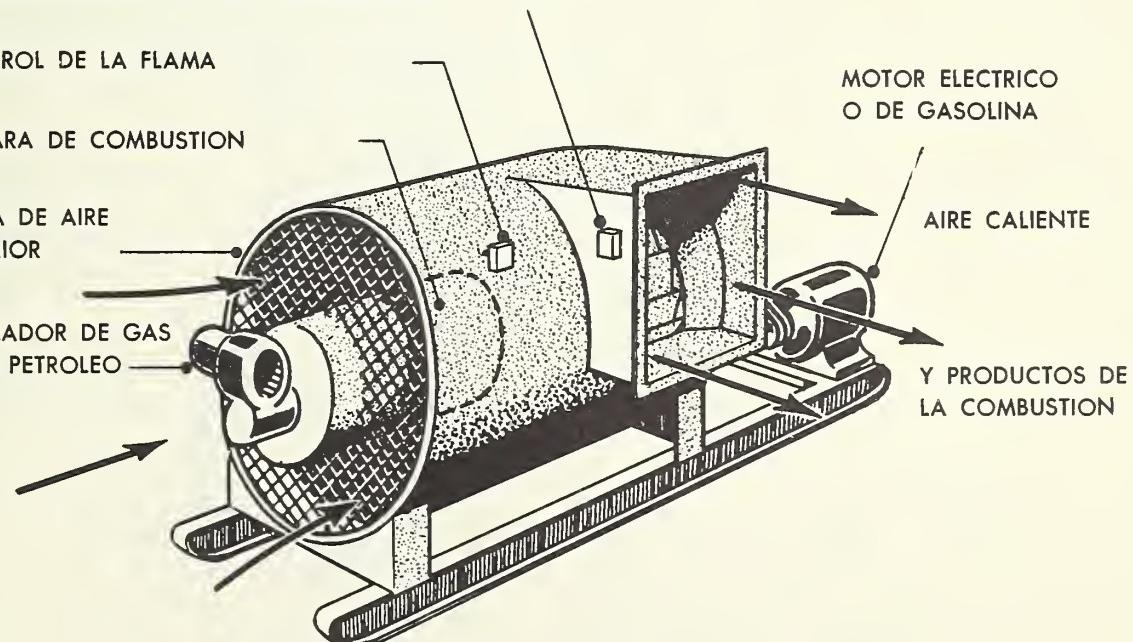


Figura 1.—Calentador portátil de aire de calor directo.

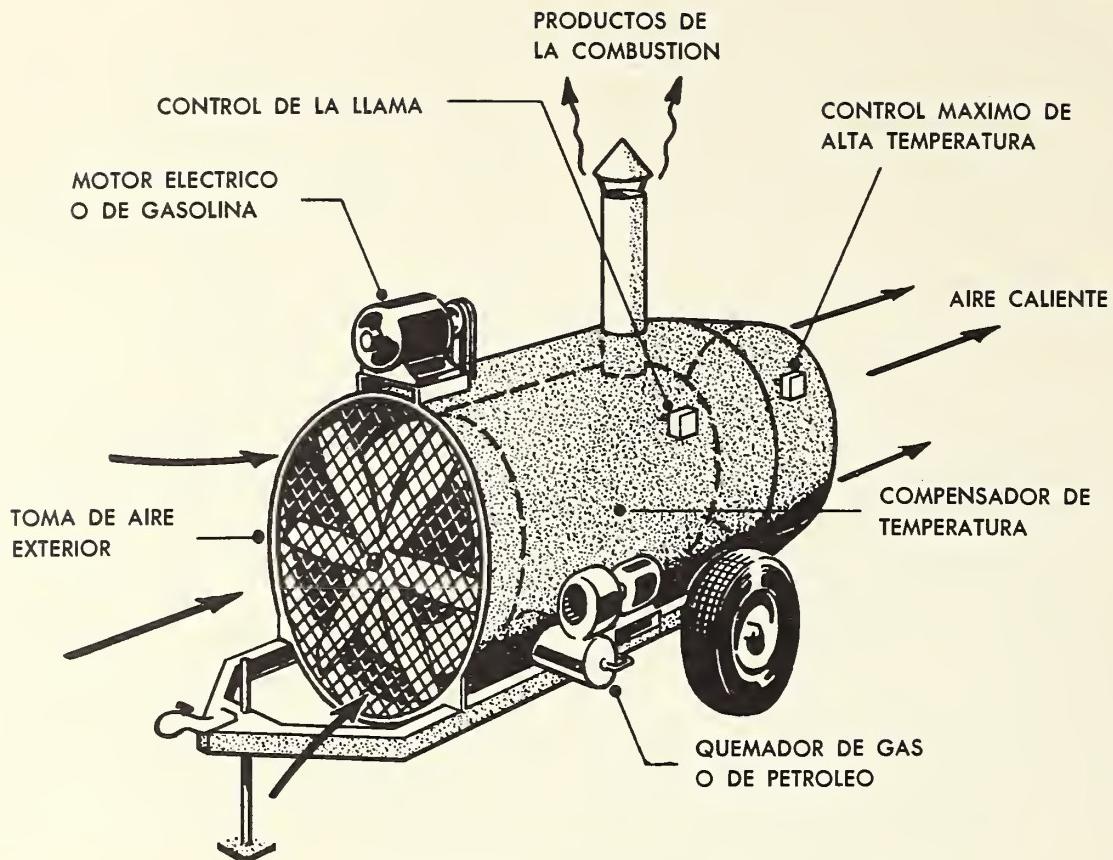


Figura 2.—Calentador portátil de aire por calor indirecto.

de 113,268 litros por minuto por caballo de fuerza contra una presión estática de 3.81 cm. según el indicador de nivel de agua. Puesto que no es práctico probar la operación de un ventilador en un trabajo en la granja, será preciso guiarse por la clasificación del fabricante para el ventilador. No sería acertado comprar cualquier ventilador sin una clasificación fidedigna, o uno que carezca de cifras de presión expresando la velocidad en metros cúbicos por minuto. Los ventiladores para apilar, para mover el ensilaje o el heno o para ventilar la casa o el establo no son apropiados, para secar el maíz.

En los lugares donde no se dispone de corriente eléctrica, podrá usarse un motor de gasolina para mover el ventilador. La objeción principal al uso de un motor de gasolina, para este fin, es que exige mayor atención mientras trabaja que un motor eléctrico, y mayor trabajo de mantenimiento.

Puesto que la ventilación continúa usualmente durante varias semanas, una unidad de ventilador secará solamente un granero de maíz cada año.

#### Aire calentado

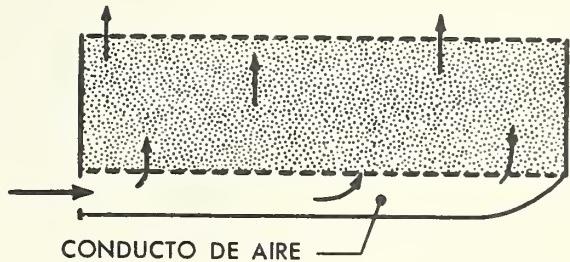
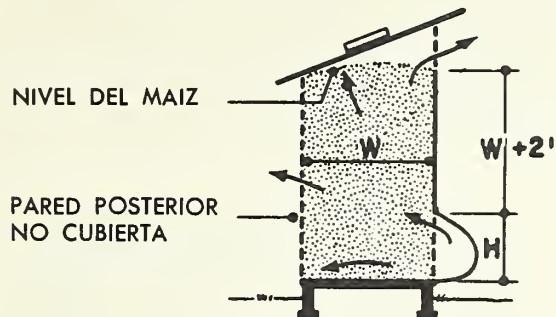
El equipo necesario para secar con aire caliente comprende un calentador, un ventilador movido por motor y un granero o depósito de secado para el maíz. Usese un ventilador de la misma capacidad que el empleado para secar con aire sin calentar (Tabla 1).

El calentador podrá operar con petróleo, gas natural o gas licuado de petróleo. Este equipo tiene dos características que determinan su forma de operar para secar el grano: 1) la velocidad en que se proporciona el calor (velocidad de consumo de combustible por hora) y 2) la velocidad en que proporciona aire en metros cúbicos por minuto.

Los calentadores se clasifican en calentadores por "calor directo" o por "calor indirecto". Los tipos aparecen ilustrados en las figuras 1 y 2. Se necesitan cuando menos dos controles automáticos de seguridad con cualquiera de las dos clases. Esos controles son: 1) un dispositivo para cerrar el aporte

de combustible si la llama se apaga y 2) otro para cerrar el aporte de combustible si la temperatura se eleva demasiado.

En el grabado 1 se muestra una unidad de calor directo en la cual los productos de la combustión se mezclan con el aire de secado.



LA ALTURA DEL CONDUCTO (A) DEBERA SER CUANDO MENOS DE 1/3 PARTE DE LA ANCHURA DEL GRANERO (An)

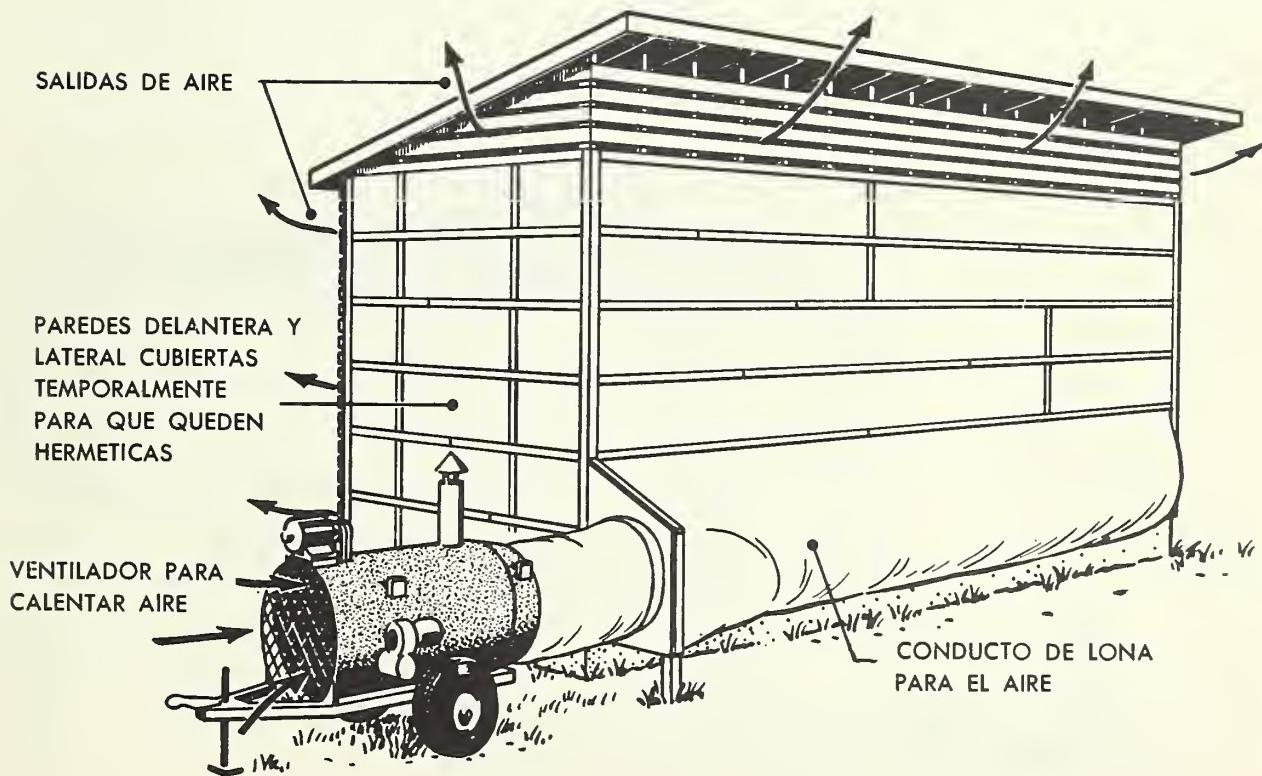


Figura 3.—Granero individual cerrado parcialmente con lona o papel reforzado. El conducto de lona para el aire está colocado fuera del granero.

En la unidad portátil de calor indirecto mostrada en la figura 2, los gases quemados se descargan a través de una chimenea. El aire, caliente al entrar en contacto con el compensador de temperatura, se impulsa a través del grano. Se pierde algo de calor dentro de la chimenea. El riesgo de incendio es menor que con una unidad de calor directo.

### SELECCION DEL VENTILADOR

Al seleccionar un ventilador, los factores más importantes que hay que tomar en con-

sideración son que su diseño, tamaño y velocidad sean adecuados. De importancia secundaria es que el ventilador sea del tipo propulsor o centrífugo. La mayoría de los fabricantes de ventiladores proporcionan clasificaciones de rendimiento en forma de tablas o gráficas para sus ventiladores. Las clasificaciones muestran la relación entre la velocidad, caballaje, presión estática y volumen de aire. Un ventilador instalado sin referencia a sus características de rendimiento no puede esperarse que opere en forma adecuada ni económica.

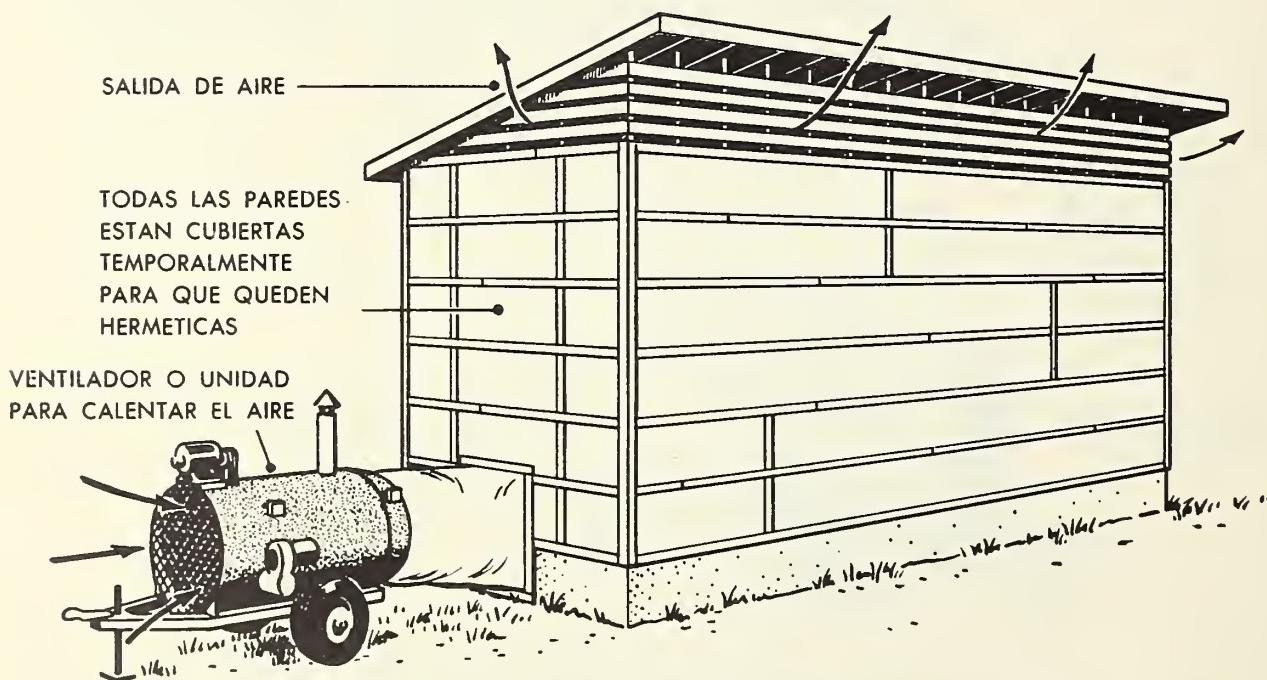
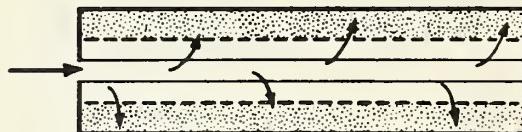
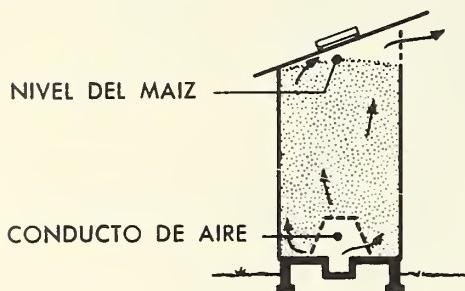


Figura 4. El conducto de aire está dentro del granero individual. El granero está forrado con lona o papel reforzado.

Las clasificaciones de operación de los ventiladores se basan en pruebas de laboratorio donde se hace funcionar el ventilador con conductos de entrada y salida para el aire cuidadosamente ajustados. En la mayoría de las instalaciones de secado se sufren pérdidas de presión en la entrada y en la salida. Estas pérdidas de presión se suman a las pérdidas causadas por la fricción en el ducto, la resistencia del grano, etcétera, y deberán incluirse cuando se hacen cálculos estimativos de la capacidad del ventilador con las clasificaciones de rendimiento. La caída de la presión estática a través del mismo maíz, cuando se seca en mazorcas, será usualmente de  $1\frac{1}{2}$  cm. a  $3\frac{1}{2}$  cm., según el indicador de nivel de agua.

## GRANEROS, DEPOSITOS Y CONDUCTOS DE AIRE

En las figuras de la 3 hasta la 15, inclusive, se ilustran varios tipos de graneros, depósitos y conductos de aire para secar y almacenar mazorcas de maíz. Los conductos y los ventiladores deberán tener una sección transversal de 776 centímetros cuadrados por cada 1,000 por cada 28.317 litros por minuto de aire que penetra en el maíz. El conducto principal en toda su extensión deberá ser mayor, por lo tanto, que la salida del ventilador y no deberá tener recodos pronunciados.

Puede usarse lona o papel reforzados, sujeto con tiras de madera colocadas aproximadamente, con una separación entre sí de 60 centímetros y colocados en ángulo recto en relación con la corriente de aire, para forrar parcialmente un granero del tipo que aparece en las figuras 3, 4 o 5. Colóquense también tiras sobre las juntas o secciones encimadas. La lona, según se ilustra en la figura 3, o papel reforzado sobre un armazón ligero de madera, forma un conducto apropiado para el aire de afuera y a lo largo de la parte delantera del granero. Pueden fijarse la lona o el papel al granero ya que esté lleno. El aire que entra a presión en el conducto lo atraviesa y asciende por el maíz y sale por la parte trasera y superior del gra-

nero. Cuando la ventilación mecánica ya esté completa, pueden quitarse fácilmente la cubierta de la pared y el conducto, para permitir la ventilación normal del maíz.

Un conducto de alambre o de tablillas de madera para el aire se instala en la parte interior del granero según se ilustra en la figura 4. Pueden emplearse lona o papel reforzado para cubrir el granero, de la misma manera que se ilustra en la figura 3. La única diferencia es que la parte posterior del granero en la figura 4 está cubierta, también, de forma que el aire que entra a presión en el conducto se mueve hacia arriba, atravesando el maíz y después sale por la parte superior de la estructura. El diagrama en la parte superior a la izquierda de la figura 4, muestra el conducto colocado sobre un foso para desgranar el maíz. El foso deberá estar cerrado herméticamente en el extremo opuesto al ventilador.

Puede prepararse el granero doble, rectangular, grande, ilustrado en la figura 5, para secar mazorcas de maíz cerrando las puertas de entrada herméticamente con papel reforzado. O pueden colocarse mamparas herméticas en cada uno de los extremos de la entrada. Si las paredes de los extremos no son herméticas, cúbraseles (según se indica en *a* en la figura 5), o cúbranse las paredes de la entrada (indicadas con *b*) hasta 2 a 2.5 metros de los extremos del granero. Es mejor cubrir las paredes de los extremos.

Algunas veces los postes de tabique de fuera de un depósito alto tienen tablillas de madera para conservar un espacio vacío entre las mazorcas de maíz y la pared. De esta forma se permite mejor circulación para lograr una ventilación natural. En el secado mecánico, quítense las tablillas o tápese el espacio para evitar que el aire haga corto circuito. Sin embargo, si la altura de la pared del depósito alto en los graneros altos es mayor que la anchura del granero, déjense algunas tablillas en la parte inferior de los postes de la pared del depósito (indicados con *c* en la figura 5).

Si el granero sólo está lleno parcialmente y la altura del maíz, arriba del piso del depósito, no es de 60 a 90 cm. mayor que la

anchura del granero, la parte superior de la pared de la entrada deberá cubrirse, según se indica en la letra *d* en la figura 5, para proporcionar una corriente uniforme de aire a través del maíz.

Los pasadizos estrechos en los graneros de este tipo, ilustrado en la figura 6, se usan

como conductos de aire y para la descarga. Las paredes de los extremos de este tipo de granero deben ser herméticas, pero úsense tablillas de madera en las paredes laterales y en las del pasillo. De esta manera se permitirá que haya ventilación natural y mecánica a la vez.

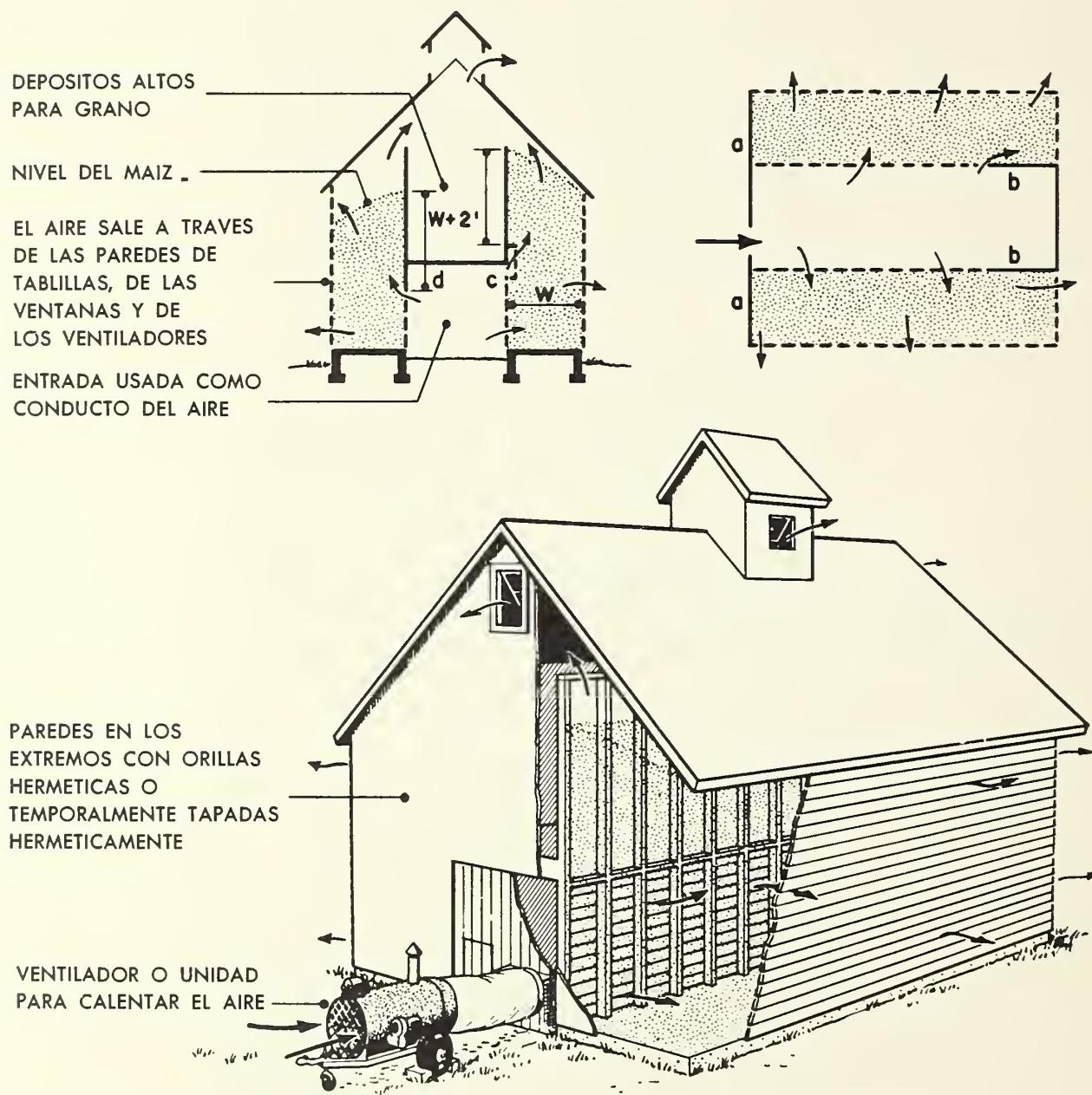


Figura 5.—Granero doble rectangular grande preparado para secar mazorcas de maíz y equipado con secador para proporcionar aire caliente.

El empleo de un conducto hecho de tablillas de madera móvil, para el aire que puede colocarse en el centro de la entrada del granero doble ilustrado en la figura 7, permite el llenado del maíz en mazorcas en ambos graneros y en el área de la entrada. Pónganse el conducto en el piso de la entrada. El aire que entra a presión en el conducto sigue hacia arriba y hacia afuera a través del maíz.

La instalación de un sistema de conductos o de túneles permitirá secar y almacenar el maíz en mazorcas en un edificio prefabricado para uso general del tipo ilustrado en la figura 8. Los edificios para uso general se hacen tanto de metal como de madera. Algunos tienen lados rectos en vez de nervaduras arqueadas.

Deberá instalarse una pared interior de tablillas para permitir que circule el aire por el maíz y llegue hasta las paredes laterales del depósito. Por el centro del piso pasa un conducto seccional de aire hecho de tablillas.

Puede usarse tela metálica de la que se emplea para cercas contra la nieve o alam-

bre soldado para construir un granero circular temporal del tipo ilustrado en la figura 9. La entrada para el aire y los conductos principales deberán instalarse antes de llenar el granero.

El granero redondo, alto, prefabricado, ilustrado en la figura 10, tiene paredes perforadas y un conducto principal vertical de tablillas para el aire, que lo hace fácilmente adaptable para el secado mecánico. Si se llena el granero sólo parcialmente, ciérrese, herméticamente, el conducto principal del aire para lograr un secado más eficiente. Colóquese el cierre abajo de la superficie del maíz a una distancia igual a la que va desde el conducto hasta la pared más 60 cm. Ciérrense herméticamente las juntas de las paredes del conducto arriba de este cierre para evitar un corto circuito del aire empleado para secar. Usese cartón grueso, madera contrachapeada, papel reforzado, o cualquier otro material que haga hermética la pared. O puede impedirse el paso del aire llenado con maíz el conducto arriba del cierre que acabamos de mencionar, si se de-

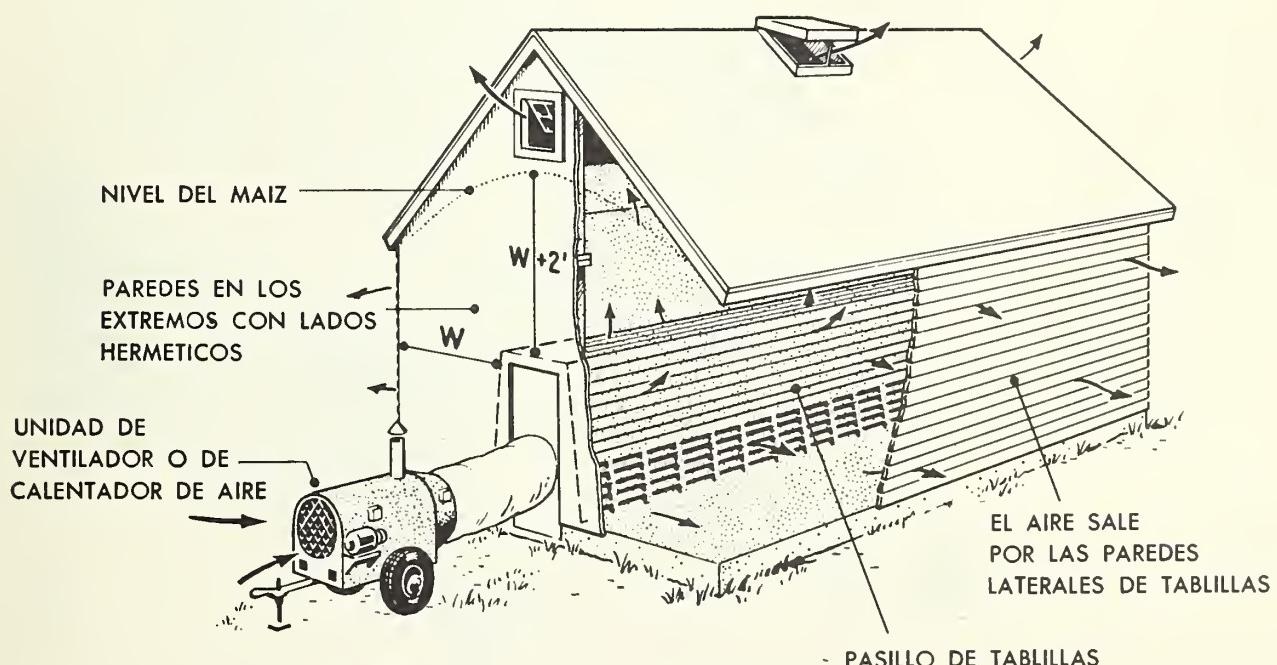


Figura 6.—Granero ancho con pasillo de 1.5 metros. El pasillo se usa como conducto de aire y también para descargar el granero.

cide dejar el granero sólo parcialmente lleno.

La corriente uniforme de aire es difícil de obtener en un granero de piedra o de ladrillo de tipo, ovalado, como el que se ilustra en la figura 11. En caso de que tenga que usarse un granero de este tipo, puede emplearse la disposición ilustrada para lograr una distribución bastante uniforme del aire. El conducto vertical de aire dentro del granero como se ilustra, ayudará a proporcionar una corriente uniforme de aire hacia las paredes laterales y mejorará también la circulación del aire a través del maíz en la parte

superior del granero, cerca de las paredes del depósito alto del grano.

El piso falso del depósito circular de metal, ilustrado en la figura 12, está hecho de metal perforado. Cúbrase el piso, uniformemente, con mazorcas de maíz, hasta una profundidad de, cuando menos, 1.5 metros antes de que comience a funcionar el secador. El maíz en mazorcas puede secarse hasta profundidades de 5 metros o aún mayores. Si ha de usarse un transportador de banda debajo del piso perforado, colóquese este piso cuando menos a 40 cm. arriba del terreno o del piso permanente. Apóyese el piso

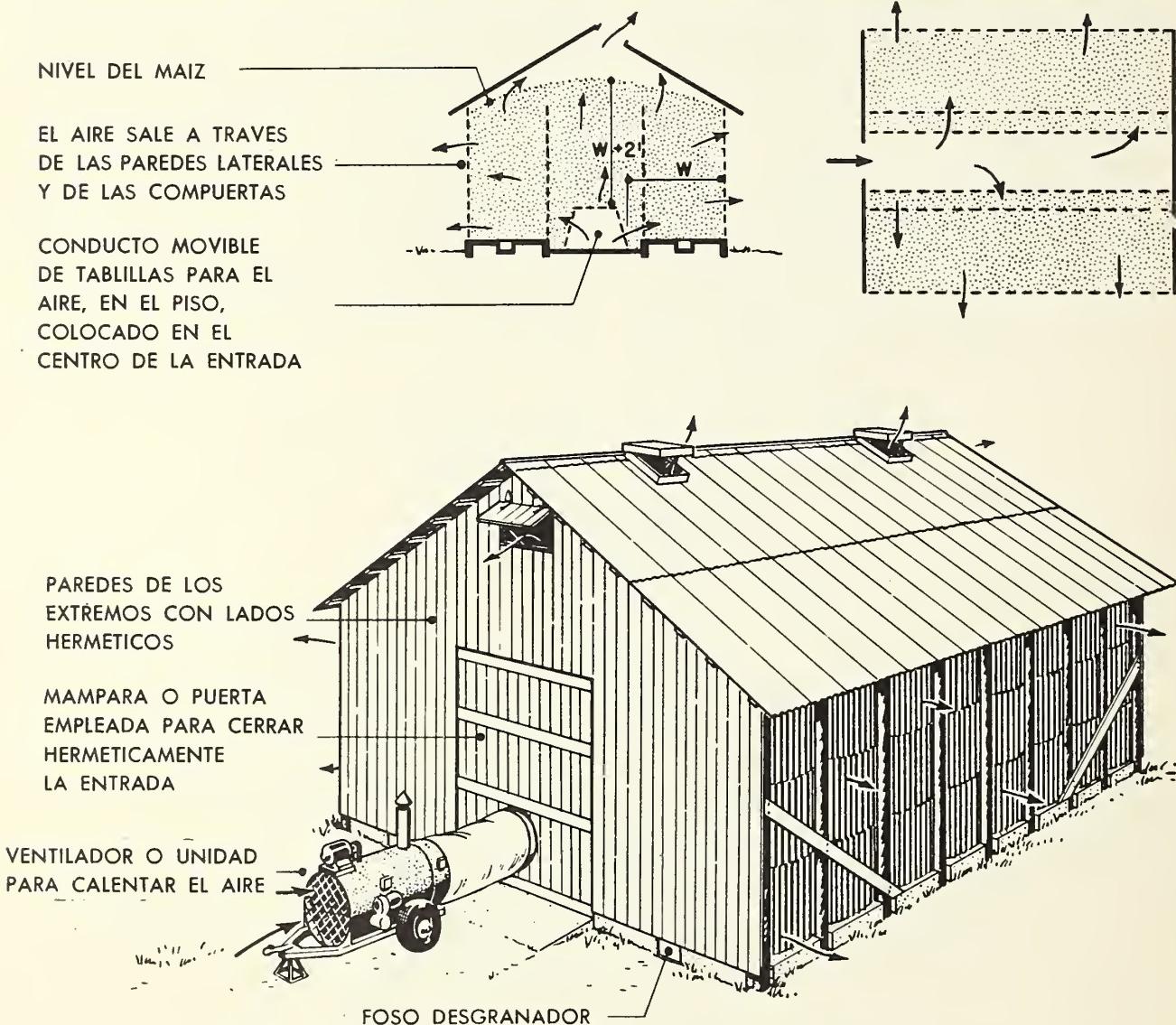


Figura 7 Granero doble sin depósitos altos, adaptado para secar el maíz en mazorcas. Se ha fijado un secador para proporcionar aire caliente.

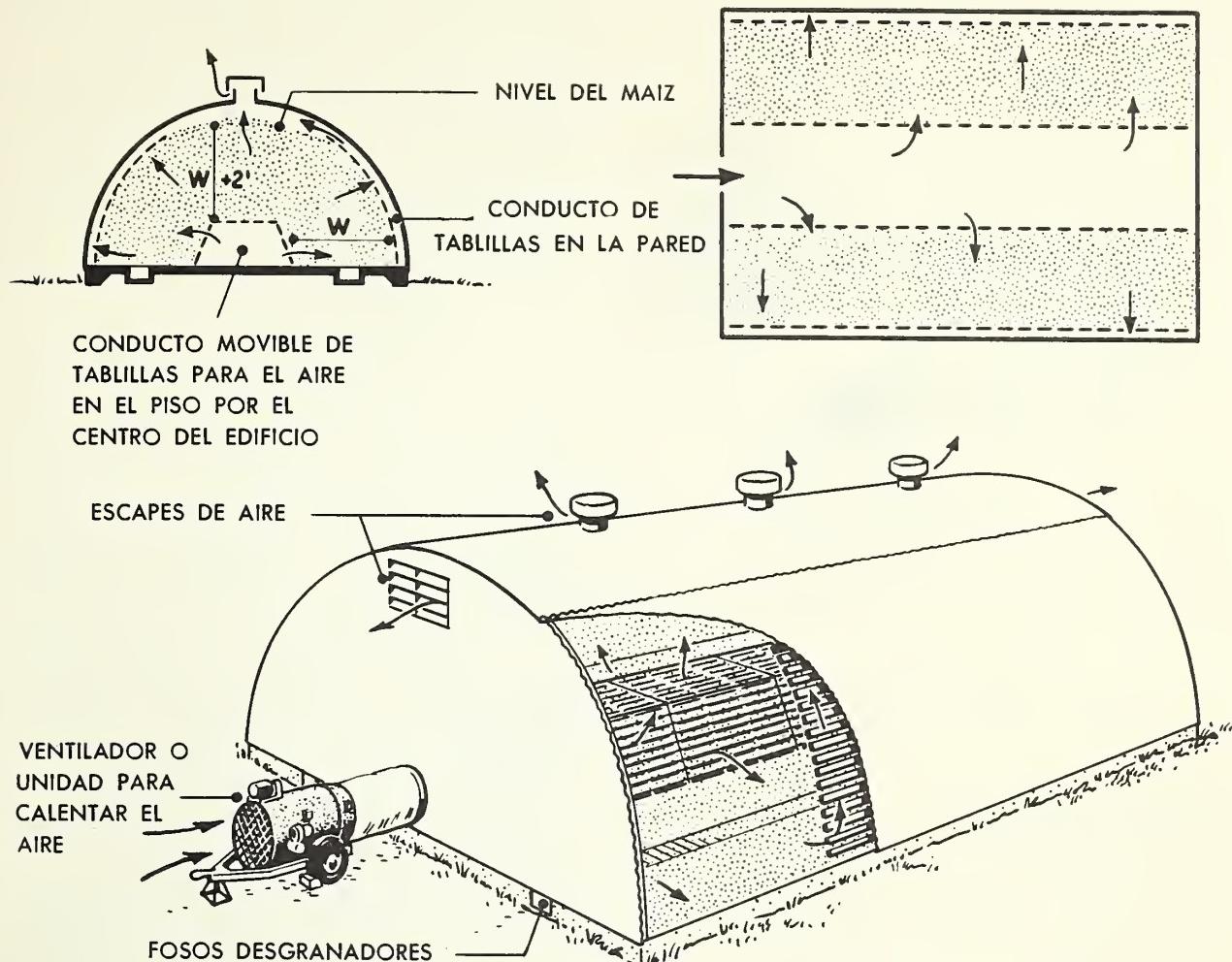


Figura 8. Edificio para uso general equipado con conducto de aire y secador para secar el maíz en mazorcas con aire caliente.

falso en una armazón de madera y en bloques de concreto o en otros soportes apropiados. Colóquense los bloques de manera que el aire pueda circular a través de las aberturas. Proporcióñese un bloque por cada 40 bushels (32 kilogramos por bushel\*) de maíz en mazorcas, o 50 bushels de grano, que pueda colocarse en el depósito.

Las perforaciones deberán estar distribuidas uniformemente y deberán representar del 7 al 10% del área total del piso. Es mejor montar el piso perforado en secciones móviles, de manera que el espacio debajo del piso falso pueda limpiarse fácilmente.

\* bushel = 36.3677 lts. ojo: nota de pie

Varias compañías hacen pisos falsos de metal perforado. Pueden obtenerse en estas compañías planos para instalar los pisos. Los pisos de metal perforado pueden usarse también en otros tipos de depósitos.

Puede usarse tela metálica en vez de láminas de metal perforado como material para los pisos falsos en los depósitos de seco, según se indica en la figura 13. Colóquense los bloques de concreto de manera que el aire pueda circular entre ellos. Hileras de bloques separadas una distancia de 1.40 metros, con los bloques colocados juntos en la hilera, soportarán el maíz en mazorcas a una profundidad de 5 metros, o maíz desgranado o granos a una profundidad de 2.75 metros.

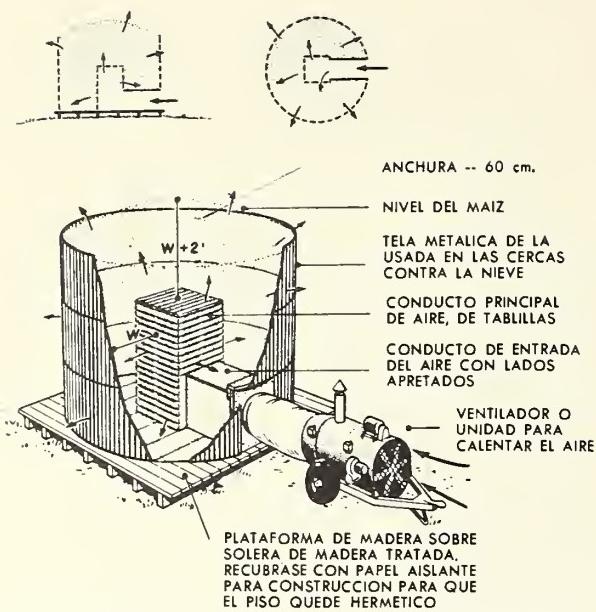


Figura 9.—Granero de bajo costo, de construcción fácil.

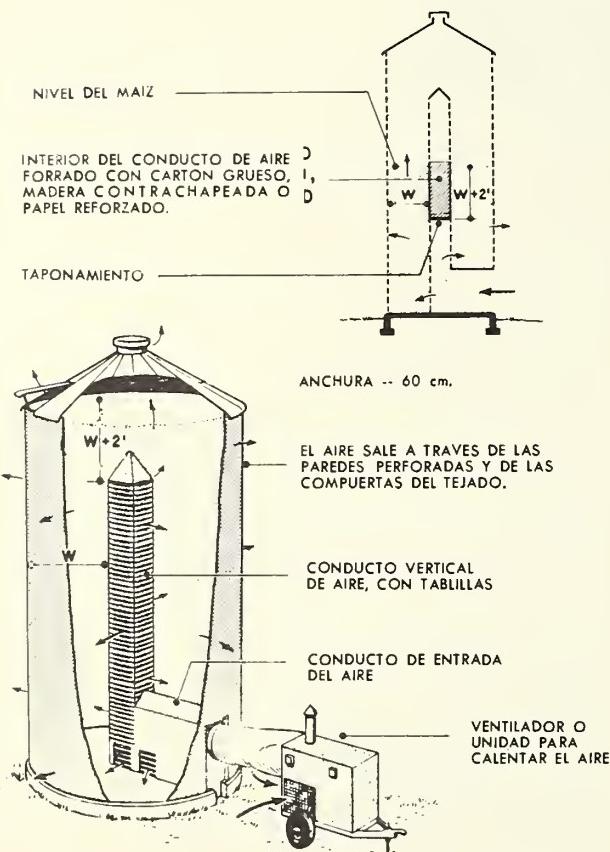


Figura 10.—Granero redondo alto con paredes perforadas. El conducto principal de aire en el centro del granero es vertical y hecho de tablillas.

Si el depósito para secar ha de usarse, solamente, para maíz en mazorcas, las viguetas de 5 por 10 cm. y la tela metálica podrán substituirse por listones de madera de 2.5 por 15 cm., colocados planos sobre las hileras de bloques y espaciados entre sí 2 cm. Hileras de bloques separadas entre sí una distancia de 60 cm., con los bloques separados 45 cm. en la hilera, soportarán una carga de una profundidad de 5 metros de maíz en mazorcas. Usese solera de 5 por 20 cm. según se ilustra en la figura 13.

Un sistema de conductos que puede usarse cuando se seca el maíz en mazorcas en depósitos rectangulares o circulares, aparece ilustrado en la figura 14. Para lograr una distribución uniforme de aire la profundidad del maíz en mazorcas deberá ser, cuando menos, de 1.80 metros. El conducto principal, ilustrado en la figura 14, en el depósito exterior, podrá colocarse interiormente, a lo largo de uno de los lados o en el centro del depósito. Constrúyanse los conductos laterales en secciones de 1.25 a 1.80 metros, con objeto de que puedan moverse fácilmente al vaciar el depósito. Los detalles de construcción del sistema de conductos aparecen ilustrados en la figura 15.

Detalles de construcción de un sistema de conductos apropiado para usarlo en varios tipos de depósitos, según la descripción que se acaba de hacer, están ilustrados en la figura 15. El conducto principal es, usualmente, rectangular en su sección transversal, aún cuando puede ser redondo o triangular. Déjese 77.42 centímetros cuadrados de sección transversal por cada 28.5 metros cúbicos por minuto de corriente de aire del ventilador. Por ejemplo: si el ventilador crea una corriente de aire de una velocidad de 256.5 metros cúbicos por minuto, el área de la sección transversal del conducto principal deberá tener, cuando menos, 7 metros cuadrados. Este conducto podrá tener 2.30 metros cuadrados.

Espaciense los conductos laterales de manera que la distancia entre ellos, de un centro a otro, no sea mayor que la mitad de la profundidad que tiene el maíz en mazorcas que ha de secarse. Si todos los conduc-

tos laterales tienen la misma longitud, puede computarse el área de la sección transversal necesaria para cada uno, dividiendo el área de la sección transversal del conducto principal entre el número de conductos laterales. Por ejemplo: habiendo 6 conductos laterales de la misma longitud y un área de sección transversal de 80 centímetros cuadrados en el conducto principal, el área de cada uno de los laterales será de 80 dividida entre 6, o sean 13 centímetros cuadrados. Si estos conductos laterales están construidos en forma rectangular, dos piezas de madera de 2.5 por 25 centímetros, suficientemente reforzada para la parte superior, y una de 2.5 por 30 centímetros, para cada lado, se-

drados en el conducto principal, el área de cada uno de los laterales será de 80 dividida entre 6, o sean 13 centímetros cuadrados. Si estos conductos laterales están construidos en forma rectangular, dos piezas de madera de 2.5 por 25 centímetros, suficientemente reforzada para la parte superior, y una de 2.5 por 30 centímetros, para cada lado, se-

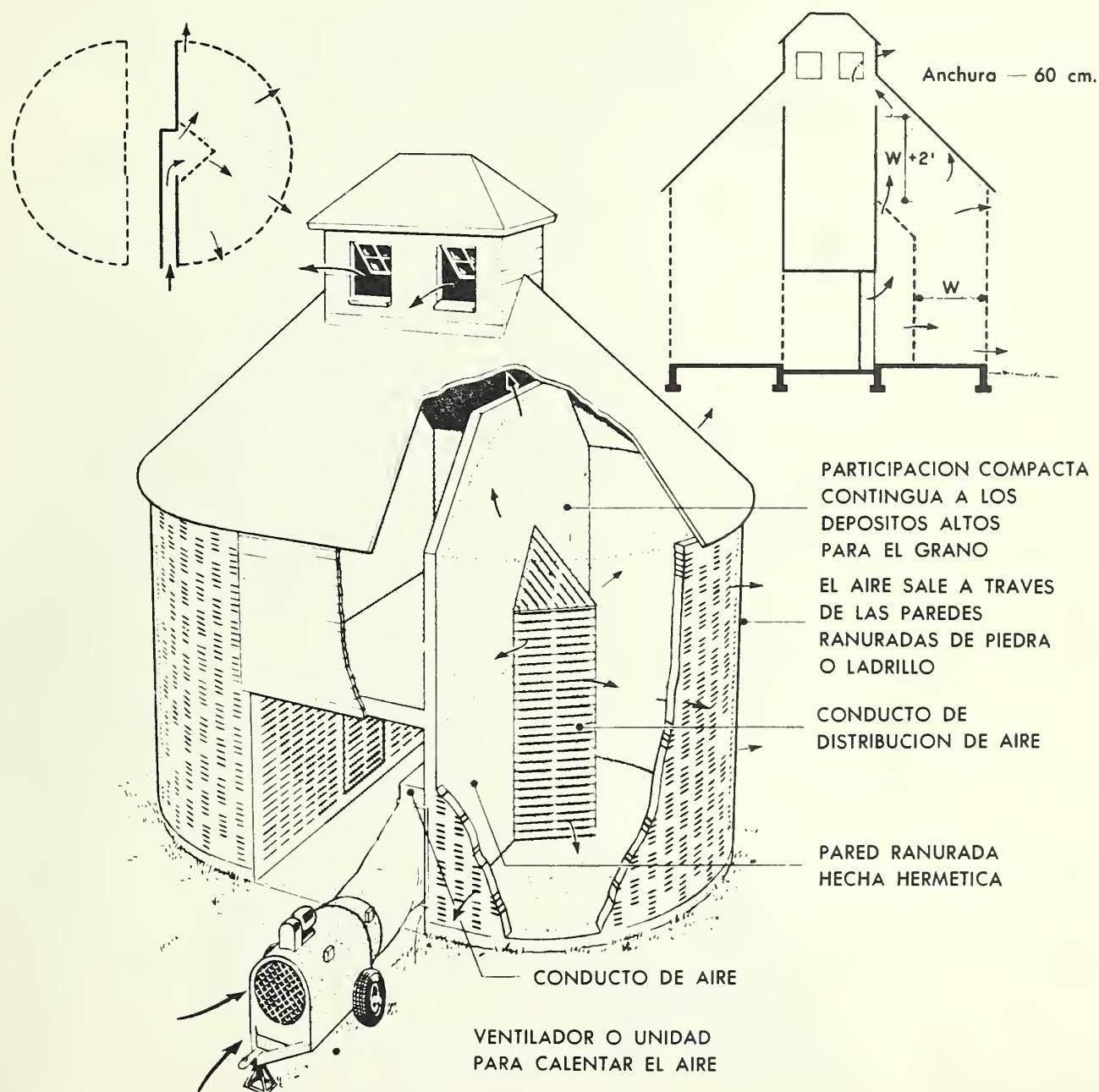


Figura 11. Disposición sugerida de un granero de piedra o ladrillo de tipo ovalado para el secado mecánico de maíz en mazorcas.

rán satisfactorias. Los conductos laterales pueden construirse en forma triangular o redonda.

La anchura de cada conducto lateral deberá ser, cuando menos, del doble de la altura desde el suelo hasta su orilla inferior. Esta altura deberá ser, aproximadamente, de 17 centímetros para un espaciamiento lateral de 1.25 metros, de un centro a otro, y de una altura de 25 centímetros para un espaciamiento de 1.80 metros. En cualquier caso, el área total para pasaje del aire debajo de todos los conductos laterales (la al-

tura desde el piso hasta la parte inferior de los conductos laterales, multiplicada por la longitud de ambos lados y de un extremo de cada uno de los conductos laterales) deberá ser igual, cuando menos, a la cuarta parte del área del piso del depósito.

Si se usan láminas de metal perforado para hacer los conductos laterales y las láminas tienen las perforaciones uniformemente espaciadas e igual cuando menos al 10 por ciento de su área total, podrán ponerse los conductos laterales directamente sobre el piso del depósito.

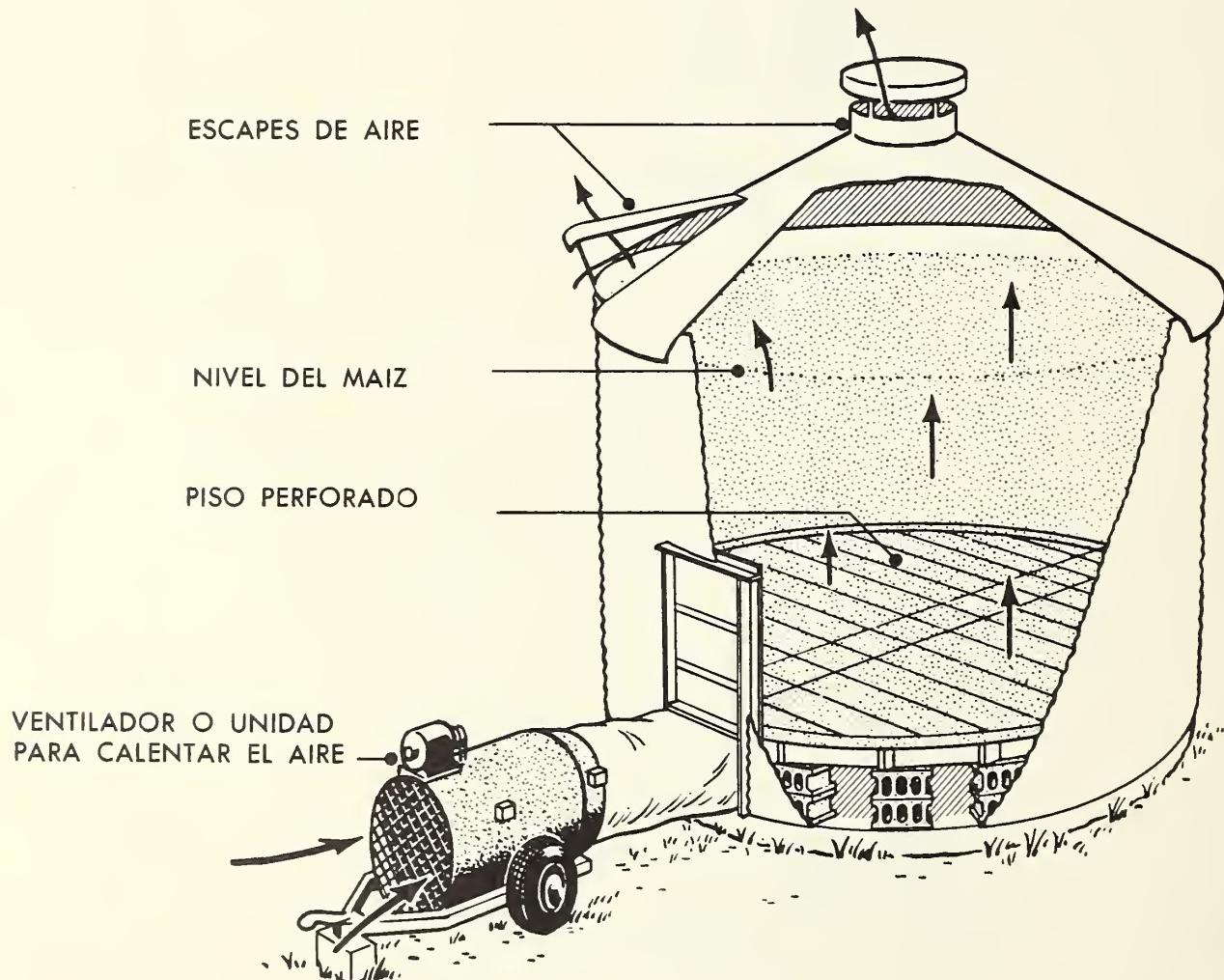


Figura 12.— Depósito circular de metal con piso falso de metal perforado.

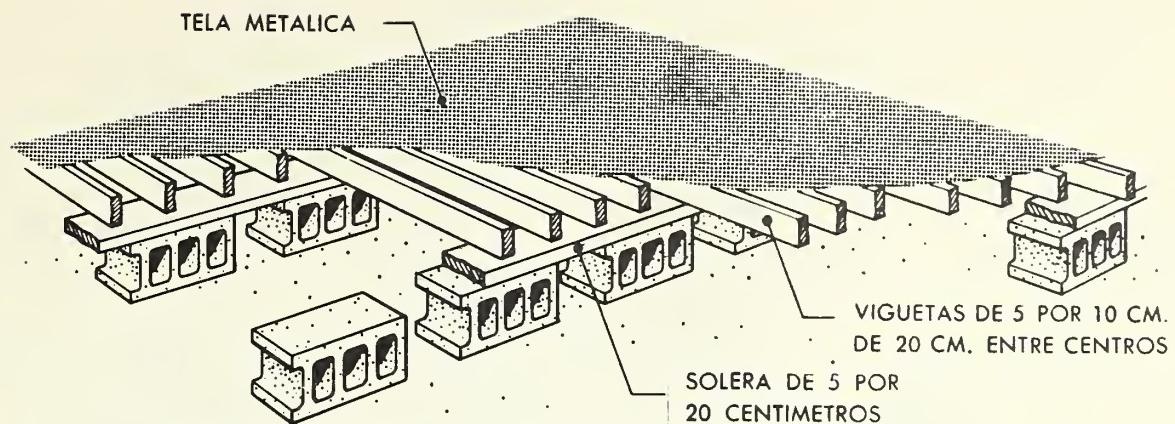


Figura 13.—Detalles para usar la tela metálica como piso falso en un granero.

## CORRIENTE UNIFORME DE AIRE

El maíz se asienta de 30 a 90 centímetros al secarse. A menos que se conceda un margen para el asentamiento, el volumen de aire para secar que atraviesa el maíz arriba del conducto principal es, desproporcionadamente, mayor que el volumen que pasa a través del maíz por los lados del conducto. Puede concederse un margen para el asentamiento en graneros o depósitos con paredes perforadas o hechas de tablillas, fijando la altura del maíz, arriba de la parte superior del conducto de tablillas para el aire, 60 centímetros más que la distancia desde el conducto hasta la pared. También, en los lugares en que el aire entra o sale del conducto principal a través de una pared lateral, lléñese, arriba de la parte superior de la entrada de aire, hasta una altura de 60 centímetros mayor que la anchura del granero. En los graneros o depósitos con paredes compactas, el asentamiento no afecta la corriente uniforme del aire, si el piso perforado o los conductos están cubiertos con maíz hasta una profundidad uniforme.

Las traviesas en los graneros colocadas como en las figuras 3, 5, 6 y 7 estorban la distribución uniforme de aire. Cuando el maíz se seca y asienta, se forma un canal debajo de cada traviesa. Estos canales permiten que salga el aire del granero sin atravesar el maíz que está arriba de las traviesas. Para reducir esta pérdida, cúbrase con papel una tira de la pared exterior, en una an-

chura de 60 centímetros a 1.20 metros, a nivel de las traviesas. Si no se usa como conducto principal un foso para desgranar el maíz, deberá cubrirse con papel reforzado.

En los lugares donde el aire penetra en el maíz a través de la parte lateral o superior de un conducto de aire hecho de tablillas, o a través de un piso perforado o hecho también de tablillas (según se ilustra en todas las figuras de graneros y depósitos, excepto la figura 14), el área perforada o hecha de tablillas deberá ser igual, cuando menos, a la tercera parte del área del piso.

En algunos casos, podrá ser necesario o aconsejable ventilar el maíz en un granero o depósito que esté sólo parcialmente lleno. Con un piso perforado o conducto del piso, podrá comenzarse el secado en cualquier tiempo después de que el piso o los conductos se encuentren cubiertos hasta una profundidad uniforme. Con las otras disposiciones mostradas, podrá ser necesario hacer algunas modificaciones de los conductos o de la colocación del maíz, cuando el granero esté parcialmente lleno. Al planear un sistema de secado bajo estas condiciones, hay que recordar que el aire usado para secar deberá circular, aproximadamente, la misma distancia a través del maíz en todas las partes del granero.

## RECOLECCION Y ALMACENAJE DEL MAIZ

El maíz desgranado, sus hojas y barbas, mezclados con las mazorcas tienden a llenar

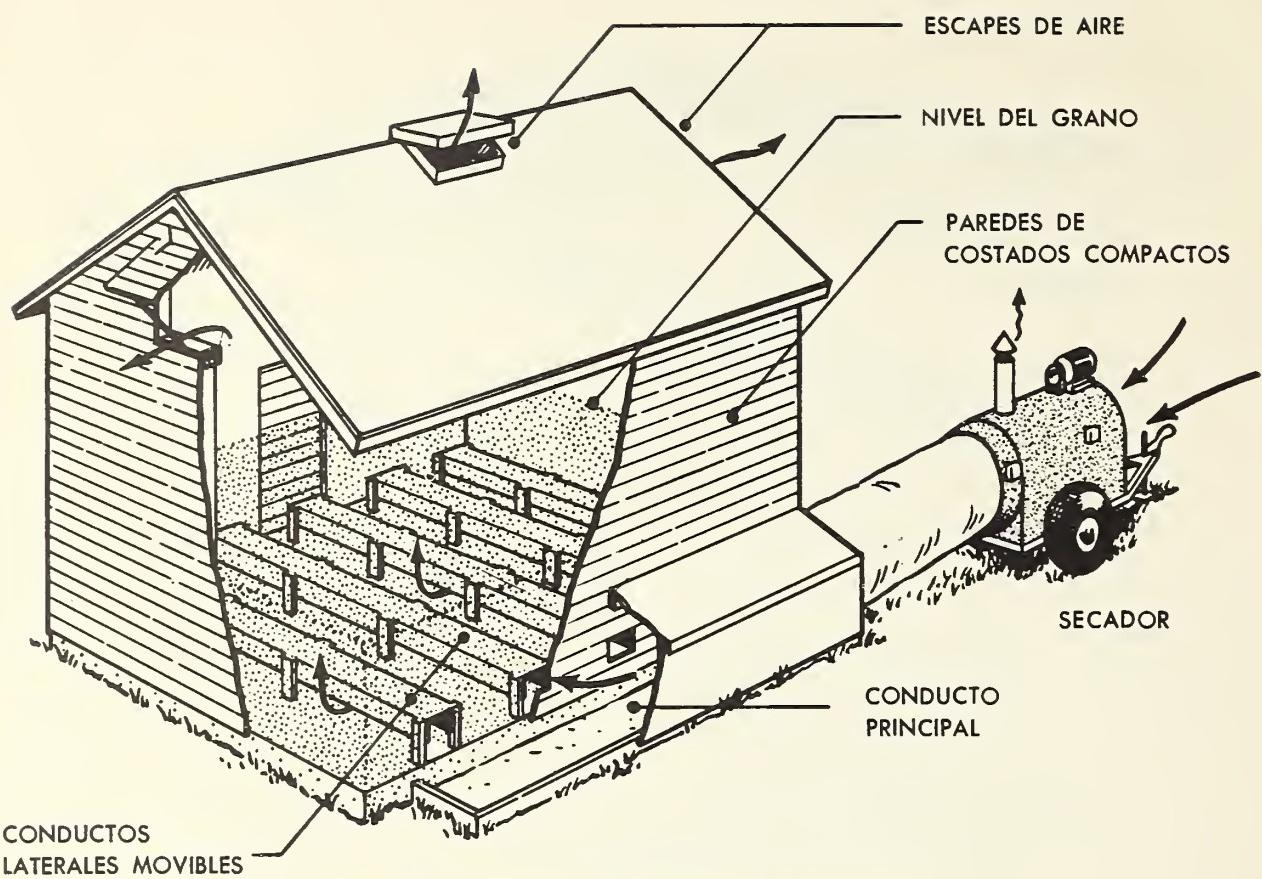


Figura 14—Depósito rectangular con sistema de conducto.

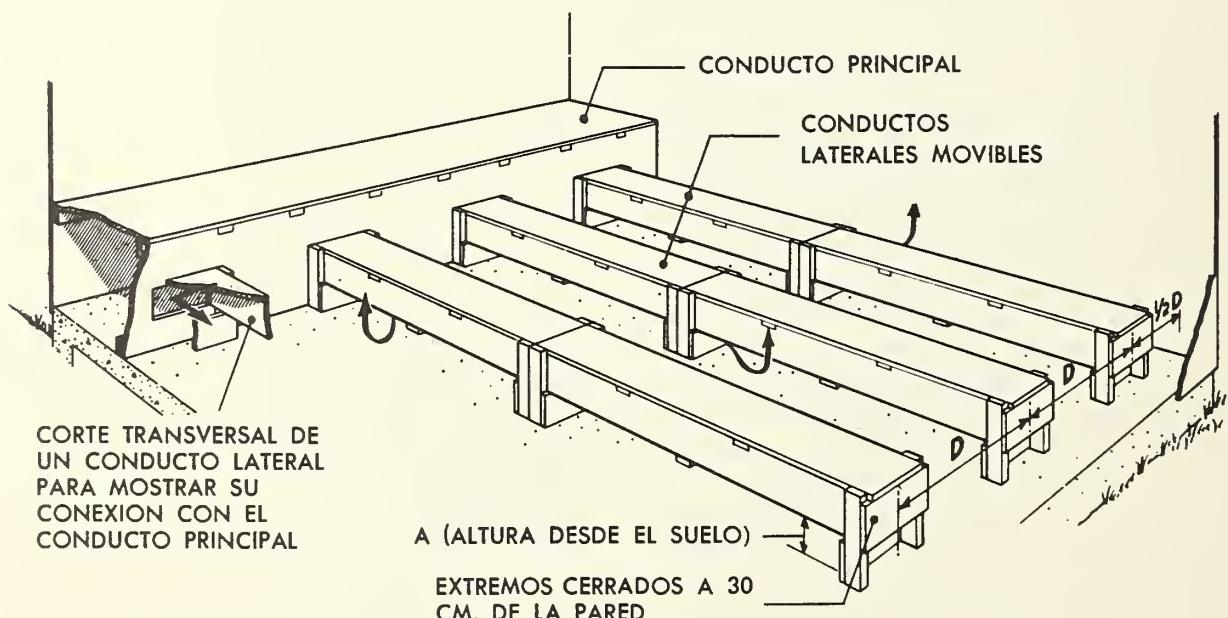


Figura 15.—Detalles del sistema de conductos para el depósito secador.

los espacios entre estas últimas y a estorbar la distribución del aire. El aire pasará sin penetrar estos lugares y no secará las mazorcas donde se acumulen esos materiales. Para evitarlo, deshójese el maíz lo más limpiamente posible. También, úsese una rejilla en el elevador; ésta detendrá parte de las materias extrañas. A menos que el elevador vacíe el maíz extendiéndolo en el granero, muévase el chorro del elevador frecuentemente, dirigiéndolo de manera que cualquier maíz desgranado se deposite cerca de la pared exterior más bien que en el centro del granero. En graneros como los ilustrados en las figuras 6 y 12, que se llenan a través de las aberturas de las compuertas superiores, el funcionamiento del ventilador, mientras se están llenando el granero, tenderá a sacar fuera las barbas y las hojas del maíz.

### OPERACION CON AIRE SIN CALENTAR

Comiéncese la ventilación tan pronto como haya suficiente maíz en el depósito o granero, para permitir que haya una corriente de aire bien distribuida. La operación continua de día y de noche es, generalmente, la mejor, excepto en caso de lluvia o de niebla. El maíz que contenga 25% o más de humedad está tan mojado que no adquiere humedad cuando se ventila con aire muy húmedo, a menos que el maíz esté más frío que el aire. El maíz con un alto contenido de humedad se secará durante la ventilación nocturna en condiciones climatológicas ordinarias. Puede hacerse una pequeña economía en fuerza motriz con una operación intermitente, durante el día solamente tardará más días —pero menos tiempo real de operación— lograr que se seque el maíz que con una operación continua. Si se quiere ventilar el maíz sólo durante el día, comiéncese a operar el ventilador, aproximadamente, a las diez de la mañana y no se detenga hasta que se haya enfriado el maíz en la noche (como a las diez p. m.)

El maíz en la superficie donde recibe la descarga del aire se secará al último. Cuando este maíz, con mayor contenido de

humedad que el resto, se haya secado hasta un contenido de humedad del 20%, puede detenerse el ventilador y quitarse el recubrimiento de las paredes del granero si éste proporciona buena ventilación. En tal caso el maíz continuará secándose en forma natural hasta llegar a tener un contenido de humedad sin peligro para almacenarlo. El contenido de humedad puede medirse haciendo pruebas con muestras empleando un probador, como el que usan los elevadores locales, para determinar la humedad en el grano.

Si se seca el maíz en mazorcas en un depósito que tenga paredes compactas o en un granero con ventilación natural inadecuada, opérese el ventilador en otoño hasta que el maíz más húmedo se seque hasta tener, aproximadamente, 18% de humedad o hasta que se congele. La ventilación forzada en invierno no es útil usualmente. Si el maíz ha de almacenarse durante la primavera y el verano, se necesitará ventilación mecánica adicional cuando se eleve la temperatura en la primavera.

Si ha de usarse ventilación mecánica para secar el maíz en mazorcas hasta que tenga un contenido de humedad del 13% para desgranarlo y almacenarlo, usualmente el final de esta ventilación tendrá que hacerse en abril y mayo. En estos meses y con este fin, es mejor hacer la ventilación sólo en días secos, cuando haya calor, en vez de hacerla continuamente.

Si el tiempo está especialmente húmedo después de la recolección del maíz, éste podrá no estar suficientemente seco en el otoño para almacenarlo sin peligro en el granero. En tal caso, opérese el ventilador hasta que se congele el maíz. No tiene objeto que siga funcionando el ventilador más tiempo durante el invierno, excepto para conservar congelado el maíz. El secado podrá completarse con ventilación mecánica adicional cuando suba la temperatura en la primavera. Con esto aumentará el costo del secado, pero, a menos que el tiempo sea extraordinariamente húmedo al comenzar la primavera, no deberá sufrir ningún daño serio el maíz. Sin embargo este método de se-

cado no elimina completamente los peligros del tiempo en la cura del maíz.

**Costo.** A una velocidad de corriente de aire de 15 centímetros cúbicos por bushel, podrá esperarse un costo mínimo de corriente eléctrica de 2 centavos de dólar por bushel para secar el maíz que tenga un contenido de humedad del 30% hasta el punto en que el maíz más húmedo en el granero tenga un contenido de humedad del 20%. Habrá que cargar, también los gastos generales del equipo —esto es, intereses, impuestos y cargos por depreciación— y un pequeño costo anual por recubrir la pared del granero con papel o lona si el maíz se seca en el granero. El costo total para secar maíz en mazorca, con aire sin calentar, podrá ascender a 5 o 6 centavos de dólar por bushel, suponiendo que se tengan los costos de 1962 en los Estados Unidos.

## OPERACION CON AIRE CALIENTE

Cuando se haga el secado con calor, opérese el ventilador continuamente.

Cuando se seque con calor complementario, opérese el calentador bien sea: 1) continuamente o 2) intermitentemente.

Cuando el secado se haga con aire de alta temperatura, hágase funcionar el calentador todo el tiempo hasta que la mayor parte del maíz esté seco. Con altas temperaturas, el maíz situado en las capas inferiores se secará más de lo necesario antes de que estén secas las capas superiores. Esta desigualdad de humedad puede reducirse cerrando el calentador y operando sólo el ventilador. Si el maíz ha de desgranarse un poco después de secarlo —antes de igualar el contenido de humedad— el maíz desgranado más húmedo y el más seco deberán mezclarse bien antes de almacenarlos. En este caso es difícil lograr una mezcla adecuada, pero si no se hace las masas más húmedas de maíz desgranado en el depósito de almacenamiento podrán ocasionar trastornos. En cualquier caso, después de haber cerrado el calentador, opérese el ventilador un tiempo suficientemente largo para enfriar todo el maíz a la temperatura del aire ambiente.

**Costo.** El costo del secado con aire caliente es tan variable que un cálculo estimativo sencillo del costo en centavos por bushel para secar maíz en mazorcas, en general, tendría escaso significado. El contenido inicial de humedad, el clima, los costos relativos de la electricidad y el combustible, el uso que ha de hacerse del maíz, la temperatura del aire calentado, y otros factores, tienen que tomarse en consideración al calcular el costo del secado en las condiciones propias de cada localidad. La sección que trata del "Cálculo Estimativo de la Capacidad del Equipo" proporciona informes con los que pueden hacerse cálculos de costo.

### Cálculo estimativo de la capacidad del equipo

Considerando que el equipo debe seleccionarse basándose en el número de bushels de maíz en mazorcas que han de secarse es necesario comenzar con un cálculo estimativo de la cantidad de maíz. Un bushel se define vagamente, en varias formas diferentes. Para fines de cálculo es conveniente considerar que un bushel de maíz en mazorca, húmedo, es la cantidad que producirá 25.500 kilos de maíz desgranado seco. Esta es la definición que se usa aquí.

Para calcular, estimativamente, la capacidad de un granero, puede suponerse que un bushel de maíz en mazorca con un 15% de humedad ocupa .708 metros cúbicos. Un bushel de maíz en mazorca con un contenido de humedad entre el 25 y el 30% ocupa .849 metros cúbicos o más. Para calcular, estimativamente la capacidad de un granero lleno de maíz húmedo, es bastante exacto considerar 849 metros cúbicos como el espacio que ocupa un bushel.

Bien sea que se use aire calentado o sin calentar, la velocidad mínima de corriente de aire que se muestra en la Tabla 1 deberá usarse 1.416 metros cúbicos por minuto por bushel si se almacena en el granero maíz con un 30% de humedad, o .849 metros cúbicos por minuto por bushel si no se almacena maíz con más del 25% de humedad). Puede usarse también la Tabla 1 para calcular, estimativamente, el caballaje necesario.

Cuando se use calor, es algo más difícil calcular, estimativamente, el costo del combustible y el costo total de la fuerza motriz. La decisión sobre la cantidad de calor que ha de usarse, en caso de usarlo, puede hacerse, inteligentemente, tan sólo calculando el tiempo de secado, el costo de combustible y el del total de fuerza motriz en varias operaciones que pueden elegirse. Los informes que aparecen en las páginas 18 y 19 sirven para hacer estos cálculos.

#### Cantidad de agua que ha de eliminarse

En la Tabla 2 se muestra la cantidad aproximada de agua contenida en un bushel de maíz en mazorcas con diferente contenido de humedad en el grano. Para hallar la cantidad que ha de eliminarse de cada bushel, tómese la diferencia entre el total de kilos con el contenido inicial de humedad y el total de kilos con el contenido final de humedad. El contenido final de humedad, cuando no se usa calor, varía, usualmente, del 12 al 16 por ciento, según la variación de la humedad atmósferica. Cuando se usa calor complementario (elevando la temperatura con un máximo de 14°C.), el contenido final de humedad será, probablemente, del 10 al 12%. Con temperaturas elevadas el contenido por término medio final de humedad será más bajo, a menos que se detenga la operación de secado antes de que las capas superiores estén secas.

#### Índice de eliminación de humedad

La figura 16 puede usarse para calcular, estimativamente, la cantidad de humedad que puede eliminarse de un bushel en un día. Esta gráfica se basa en el uso de una corriente de 1.416 metros cúbicos por minuto por bushel. Si se usa menos aire, la eliminación de humedad será proporcionalmente menor. Por ejemplo: Con una corriente de aire de .708 metros cúbicos por minuto por bushel, la humedad se eliminará solamente con la mitad de rapidez. Si se emplea un volumen de aire mucho mayor de 1.416 metros cúbicos por

minuto por bushel, la eliminación será algo menor que la proporcional a la corriente de aire. Esto es, con 5.664 metros cúbicos por minuto de corriente de aire por bushel no puede esperarse que el secado sea 4 veces más rápido que con 1.416 metros cúbicos por minuto por bushel. Empleando una corriente de aire de 1.416 metros cúbicos por minuto por bushel o menos, el aire permanecerá en el maíz suficiente tiempo para establecer un equilibrio con la humedad que contiene el maíz.

Si el contenido inicial de humedad es menor del 25% aproximadamente, la eliminación de humedad será menor que la mencionada.

La escala situada a la izquierda de la figura 16 proporciona un cálculo estimativo exacto si el aire está saturado antes de salir del maíz y si no se agrega agua al aire durante el calentamiento. Es aproximadamente exacto cuando se usa un calentador directo pues los productos de la combustión del combustible se agregan al aire del secado. Con altas velocidades de corriente de aire se sobreestima, considerablemente la evaporación. La escala colocada a la derecha es aproximada y no toma en consideración la densidad cambiante del aire. Para los cálculos estimativos que usualmente es indispensable hacer, estas aproximaciones son tan exactas como es necesario.

El tiempo de secado puede calcularse usando la Tabla 2 para la humedad que ha de eliminarse de cada bushel y puede usarse la figura 16 para calcular la eliminación de humedad por día y por bushel.

#### Costo del combustible empleado en el calentamiento

Puede usarse la Tabla 3 para calcular la cantidad de combustible necesario por día cuando se usa una corriente de aire de 1.416 metros cúbicos por minuto por bushel. Estos datos son, también aproximados pero satisfactorios en la práctica.

Si se usa otra corriente diferente a 1.416 metros cúbicos por minuto por bushel, el consumo de combustible será proporcional a la velocidad de la corriente de aire. Por ejemplo,

si se eleva la temperatura 5 grados se necesitará únicamente aumentar el combustible en un 50 por ciento.

El ejemplo que aparece a continuación es un caso específico calculado con los informes que aparecen en las páginas 18 y 19.

**TABLA 2.—Cantidad aproximada de agua en el maíz en mazorcas al tiempo de la cosecha, con diferentes porcentajes de contenido de humedad en el grano.**

Contenido de humedad de la semilla (porcentaje)	En grano Kilogramos	Cantidad de agua en un bushel de maíz en mazorcas <sup>1</sup>	
		En mazorcas Kilogramos	Total Kilogramos
35	44.520	4.494	14.470
30	9.979	3.990	12.290
28	8.300	3.537	11.066
26	7.529	3.038	9.796
24	6.758	2.493	8.523
22	6.032	1.995	7.346
20	5.351	1.450	6.166
18	4.716	1.360	5.442
16	4.082	0.634	4.126
14	3.492	0.448	3.395
12	2.947	0.268	2.671
10	2.403	5.624	17.144

<sup>1</sup>Un bushel de maíz en mazorcas se define aquí como la cantidad que ha de producir 25,000 kilogramos de maíz desgradoado con un contenido de humedad del 15,5 por ciento.

**TABLA 3.—Combustible diario aproximado necesario por bushel de maíz en mazorca por cada grado centígrado de elevación de temperatura cuando se usa una corriente de aire de 15 centímetros cúbicos por minuto por bushel.**

(Esto es para un calentador de fuego directo. Con un calentador indirecto el combustible necesario será aproximadamente 40% mayor).

Combustible	Combustible necesario Litros
Petróleo	.0041
Gas licuado de petróleo	.0037

El maíz en mazorca con un contenido de humedad en el grano del 30% se secará usando una corriente de aire de 1.416 metros cúbicos por minuto por bushel. Se espera que predominen en general condiciones atmosféricas con una temperatura de 10°C y un 63% de humedad relativa. Este es el promedio de temperatura y humedad en una estación, por término medio, durante octubre en la parte central de Iowa. Estados Unidos.

1) Si el maíz se seca a temperatura ambiente, el contenido final de humedad será, aproximadamente, del 14%. La Tabla 2 muestra que deberán eliminarse 10 kilogramos de agua. La figura 16 muestra que se eliminarán aproximadamente, 300 gramos diariamente. A esta velocidad de secado se necesitarán unos

30 días de operación del secador. Se necesitará el mismo tiempo para cualquier cantidad de maíz si la velocidad de la corriente de aire es de 1.416 metros cúbicos por minuto por bushel.

2) Si se emplean 5° más de calor, el contenido final de humedad será cerca del 12%. Deberán eliminarse aproximadamente 10 kilogramos de agua (tabla 2). Se eliminarán 100 gramos de agua diariamente y el secado tardará 18 días (figura 16). Si se emplea gas licuado de petróleo, la cantidad necesaria por bushel por día será de  $10 \times 0.05$  de litro o sea medio litro (tabla 3). Considerando que el secado necesitará 18 días, el combustible necesario por bushel totalizará  $18 \times 0.5$ , o sean, 9 litros.

29. Para hallar la cantidad de agua eliminada por 450 kilos de aire:

A. Con aire sin calentar

- Hállese la intersección de la línea vertical, que representa la temperatura atmosférica, con la línea discontinua, que representa la humedad relativa.
- Muévase horizontalmente hacia el margen izquierdo y léanse los kilos de agua.

B. Con aire calentado

- Hállese la intersección de la línea vertical que repre-

senta la temperatura atmosférica, con la línea discontinua, que representó la humedad relativa.

- Muévase hacia el extremo superior derecho a lo largo de la línea continua descendente hasta línea vertical, que representa la temperatura del aire caliente.

- Muévase horizontalmente hasta el margen izquierdo y léanse kilos de agua.

En cualquier caso, para encontrar la cantidad aproximada de agua eliminada de cada bushel, en un día, cuando se usa una corriente de aire de 15 centímetros cúbicos por minuto, muévase hacia el margen derecho en vez de hacerlo al izquierdo.

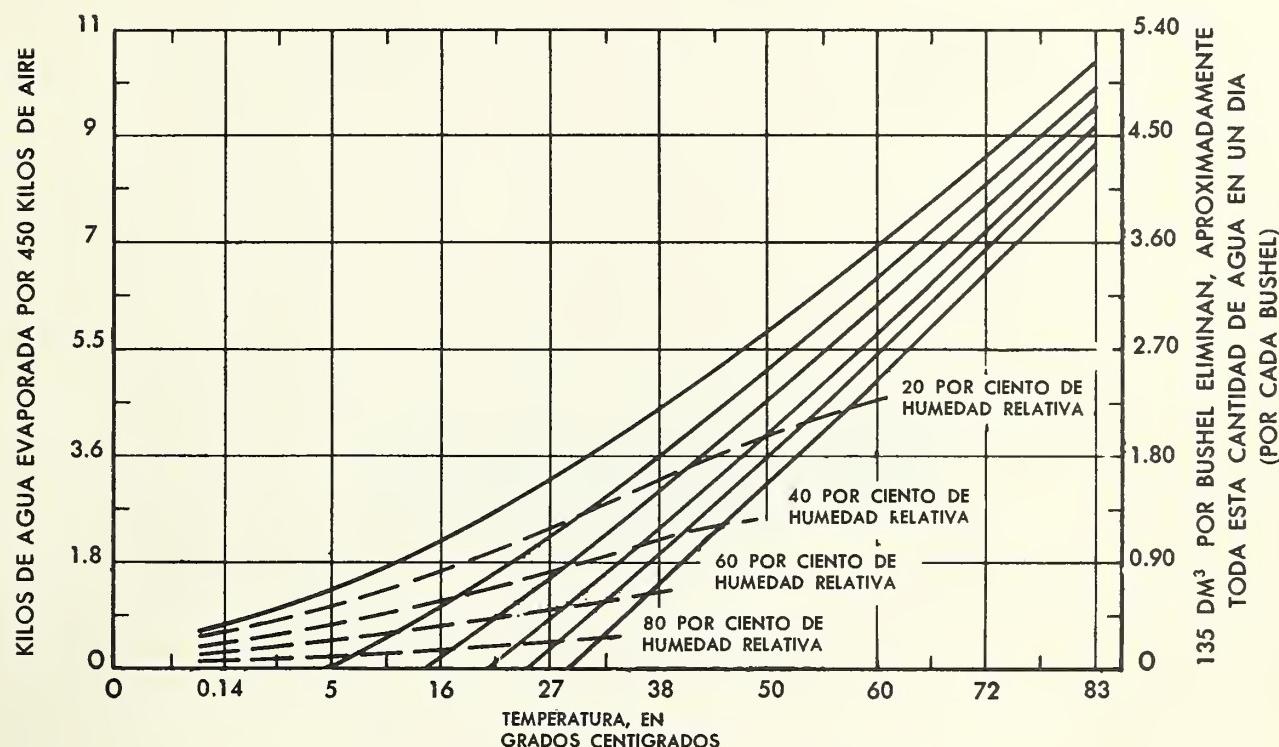


Figura 16.—Capacidad del aire bajo diferentes condiciones para eliminar humedad

3) Si el aire se calienta a 60°C. el contenido final de humedad será del 10 por ciento. (El operador puede detenerse cuando el contenido promedio de humedad se halla reducido a un nivel apropiado, y puede terminar con ventilación empleando aire sin calentar, o bien podrá preferir continuar el secado hasta que la capa superior tenga un contenido de humedad del 13 o 14% en cuyo caso el promedio para el grano será más bajo del 10%). La tabla 2 muestra que deberán eliminarse 11 kilogramos de agua. Se eliminarán diariamente 3 kilogramos apro-

ximadamente, y se necesitarán 3.5 días para el secado (figura 16). Si se emplea gas licuado de petróleo, hállese la cantidad necesaria por bushel consultando la Tabla 3 y haciendo el cálculo siguiente:

El ejemplo demuestra el hecho de que al quemar más combustible, el tiempo de operación es menor y por tanto se reduce el costo de combustible. Conociendo los precios del combustible y de la fuerza eléctrica, es fácil comparar el costo total del combustible más fuerza eléctrica.

Se terminó de imprimir este folleto el día 29 de enero de 1965, en los Talleres de Imprenta y Offset Políchromía, Dr. Olvera 63, México 7, D. F. Tel. 19-58-64. Se imprimieron 2,000 ejemplares en papel bond de 60 Kg. los interiores y forros en cartulina Marquilla de 54 Kg.





0.55 Dls.